

REGÍMENES ESTACIONALES DE PRECIPITACIÓN EN LA VERTIENTE MEDITERRÁNEA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

Martín DE LUIS¹, José Carlos GONZÁLEZ-HIDALGO¹, Luis Alberto LONGARES¹,
Petr STEPANEK²

¹*Departamento de Geografía. Universidad de Zaragoza,*

²*Czech Hydrometeorological Institute, Brno, Czech Republic*

mdla@unizar.es, jcgh@unizar.es, lalongar@unizar.es, petr.stepanek@chmi.cz

RESUMEN

En este trabajo analizamos los regímenes estacionales de precipitación de la fachada Mediterránea de la Península Ibérica empleando la base de datos de precipitaciones mensuales MOPREDA_{MES} (1113 series mensuales; periodo 1951-2000). En cada observatorio se estimó el régimen de precipitación promedio y anualmente se calculó el régimen para identificar el más frecuente e indagar qué regímenes de los 24 teóricamente posibles se han manifestado durante la segunda mitad del siglo XX. Los resultados muestran que en la vertiente mediterránea española existen 12 regímenes estacionales de precipitación dominantes. El otoño es la estación más lluviosa en prácticamente la mitad de observatorios (351 OPIV; 151 OPVI; 146 OIPV; 10 OVPI), le siguen el invierno con ¼ de observatorios (186 IOPV; 65 IPOV), y la primavera con valor semejante (73 POIV; 67 POVI; 18 PIOV; 8 PVOI), mientras el verano es la estación con menos presencia (22 VOPI; 16 VPOI). Sin embargo, los 24 regímenes teóricos ocurren en años concretos en extensas áreas del territorio. Los resultados destacan la extraordinaria variabilidad que caracteriza al régimen pluviométrico de la fachada Mediterránea española y demuestran que los análisis de las precipitaciones en ambientes como el estudiado se deberían de realizar con información lo más detallada posible en el espacio.

Palabras clave: Régimen estacional; precipitaciones; base de datos; España

ABSTRACT

We analysed seasonal precipitation regimens in the Mediterranean fringe of Iberian Peninsula by using MOPREDA_{MES} database (1113 precipitation stations; period 1951-2000). In each station, we calculated seasonal precipitation regime occurred annually and the dominant one during 1951-2000 period. Results indicate that, from 24 theoretical regimes, 12 occur as dominant in the study area. Autumn is the main precipitation regime in most station (351 OPIV; 151 OPVI; 146 OIPV; 10 OVPI). Winter (186 IOPV; 65 IPOV) and Spring (73 POIV; 67 POVI; 18 PIOV; 8 PVOI) are also dominant in extensive areas. In contrast, summer is only dominant in 38 stations (22 VOPI; 16 VPOI). Notwithstanding, the 24 theoretical seasonal precipitation regimens can occur in particular years in extensive areas of the study area. Our results highlight the extreme variability of precipitation regimes in the study area and demonstrate that dense precipitation databases are needed for a better understanding precipitation patterns in Mediterranean climate areas.

Keywords: seasonal regime; precipitation; data base; Spain.

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso fundamental para la vida y cualquier modificación de los regímenes pluviales puede tener profundos impactos en las sociedades y los sistemas naturales (RANDALL *et al.*, 2007). Las previsiones generales del AR4 (SOLOMON *et al.*, 2007) sugieren que durante el siglo XXI en el entorno mediterráneo se producirá el descenso generalizado de los valores promedio de precipitación y un incremento de su variabilidad (CHRISTENSEN *et al.*, 2007). Los impactos que estos cambios pudieran tener serían además especialmente intensos porque en términos generales las disponibilidades hídricas en el entorno del mar Mediterráneo están controladas por la irregularidad de los aportes, en muchos casos escasos, y sobre todo porque existe una fuerte demanda sobre los recursos hídricos. La Península Ibérica (PI) es quizá uno de los lugares donde se puede extremar esta situación por el desmesurado incremento de la demanda y su concentración en el espacio. De este modo, las precipitaciones son “el elemento del clima más importante de España, tanto desde el punto de vista climático como en cuanto a recurso, dadas su modesta cuantía en gran parte del territorio y su elevada variabilidad temporal y espacial” (DE CASTRO *et al.*, 2006).

Las áreas de clima mediterráneo se caracterizan por la variabilidad de sus precipitaciones en el espacio y en el tiempo (LIONELLO *et al.*, 2006), si bien se reconoce que el régimen de precipitaciones característico es el de invierno. Dentro de las áreas de clima mediterráneo, la Península Ibérica (PI) ofrece una extraordinaria variabilidad pluvial que ha sido mostrada por DE CASTRO *et al.*, (2006) al manifestar que de los 24 regímenes estacionales posibles se identifican al menos 12 en su territorio peninsular.

En el presente trabajo estudiamos la distribución espacial del régimen de precipitaciones en la fachada mediterránea de la PI analizando la base de datos MOPREDA_{MES} de reciente construcción (GONZÁLEZ-HIDALGO *et al.*, 2008). El detalle espacial que se logra matiza, en detalles hasta el momento no conocidos, las primeras observaciones sugeridas por DE CASTRO *et al.*, (2006) pues el citado estudio se realizó con observatorios de primer orden que, si bien cubren el territorio peninsular, no ofrecen una distribución densa en el espacio y no abarcan altitudes superiores a los 1000 m. Por último, el presente trabajo pone de manifiesto que en la vertiente mediterránea española existe una extraordinaria complejidad del régimen estacional de las precipitaciones, y que en consecuencia su conocimiento es necesario para gestionar los recursos hídricos, así como para tratar de prever sus impactos y en consecuencia activar las medidas de mitigación ante su eventual cambio.

2. BASE DE DATOS, ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS

El área de estudio incluye la totalidad de la vertiente mediterránea de la península Ibérica (PI), y abarca las cuencas hidrológicas de Pirineo Oriental (0), Ebro (9), Júcar (8), Segura (7) y Andalucía Oriental (6). En su conjunto comprende 1/3 de la PI, unos 180.000 km², y se extiende desde sus bordes montañosos (Pirineos, Ibéricas, Béticas) a la costa entre altitudes de 3000 y 0 m s.n.m.

El análisis de los regímenes mensuales se ha efectuado con la base de datos MOPREDA_{MES} recientemente construida a partir del estudio de toda la información conservada en los archivos del INM (GONZÁLEZ-HIDALGO *et al.*, 2006, 2008).

MOPREDA_{MES} consta de 1113 observatorios distribuidos por la vertiente mediterránea (periodo 1951-2000), tiene una densidad global de 1 observatorio cada 150-200 km², y es el resultado de un depurado control de calidad. En el momento actual MOPREDA_{MES} es la base de datos de precipitaciones mensuales más densa del occidente mediterráneo para el periodo indicado. La distribución de sus observatorios se muestra en la Figura 1.

En cada observatorio a partir de los promedios mensuales del periodo 1951-2000 se estimó el régimen estacional de precipitaciones con la secuencia Diciembre-Enero-Febrero para el Invierno (I), Marzo-Abril-Mayo para la Primavera (P), Junio-Julio-Agosto para el Verano (V) y Septiembre-Octubre-Noviembre para el Otoño (O). Del mismo modo se estimó anualmente el régimen de precipitación y se calculó la probabilidad empírica de ocurrencia durante los 50 años de registro de cada régimen. Los resultados se ofrecen en una colección de cartografías de promedios y de probabilidad empírica (expresada como porcentaje de apariciones) de los diferentes tipos de regimenes en las cuatro estaciones climáticas.

El tratamiento cartográfico, puesto que no se pretende realizar un modelo digital de precipitación sino analizar la distribución espacial de los regímenes mensuales, ha consistido en aplicar el método del inverso a la distancia ponderada (IDW) a través de la plataforma SIG ArcGis 9.2, con un valor de $p=2$ y un vecindario de 12, adecuado a la densidad de observatorios disponibles.

3. RESULTADOS

3.1. Regímenes dominantes

En la vertiente mediterránea española de los 24 regímenes posibles de precipitación estacional, coexisten 12 tipos diferentes (Figura 1). En promedio, el otoño es la estación más lluviosa prácticamente en la mitad de observatorios (351 OPIV; 151 OPVI; 146 OIPV; 10 OVPI), le sigue el invierno con $\frac{1}{4}$ de observatorios (186 IOPV; 65 IPOV), la primavera con valor semejante (73 POIV; 67 POVI; 18 PIOV; 8 PVOI), y el verano es la estación con menos presencia (22 VOPI; 16 VPOI).

El régimen de invierno (variantes IPOV, IOPV) aparecen en el límite nororiental (sur de las sierras y montes cantábricos), sectores NW de la Ibérica (Sierras occidentales de la Rioja), sectores montañosos del interior de Valencia y Murcia, y prácticamente en todo el área de la cuenca 6 al sur, en Andalucía, salvo el interior de la provincia de Almería. La variante IOPV aparece en el extremo norte y sur del área de estudio, mientras la variante IPOV se encuentra en las zonas de interior (Figura 1).

Las cuatro variantes dominantes de primavera se circunscriben a la Cordillera Ibérica y sus ramales sur hasta el interior de Valencia-Alicante-Murcia. En su sector central aparece la variante POVI, sobordado por el POIV al norte y PVOI por el sur. POIV vuelve a aparecer también en el interior al SW en el contacto de las cuencas del Júcar y Segura, con transiciones muy pequeñas de PIOV hacia el interior (Figura 1).

El régimen de otoño en las cuatro variantes identificadas se localiza a lo largo de la costa de sur a norte, con una penetración al interior muy clara en la cuenca del Ebro y Pirineos centrales. La variante OIPV es predominantemente costera y aparece en el entorno del Golfo de Valencia,



Fig 1: Regímenes estacionales de precipitación dominantes en la vertiente Mediterránea de la Península Ibérica.

costa de Alicante y Murcia, y este de Almería. Las variantes OPIV y OPVI se localizan en bandas paralelas al anterior. OPIV toca la costa intercalado con aquel hacia el sur y predomina en la costa al norte de Castellón. OPVI pese a que parece alcanzar la costa en las inmediaciones de Barcelona, es una variante de interior y se encuentra hasta la altura de Huesca-Zaragoza. Hacia el interior del Ebro vuelve a aparece OPIV que entra en contacto por el NW con el régimen de primavera. Un pequeño sector navarro pone en contacto estas áreas de régimen de otoño con las de invierno del cierre NW de la cuenca del Ebro (Figura 1).

La variante otoñal OVPI solamente aparece en dos sectores concretos del pirineo oriental y de la Ibérica en las cercanías de Teruel, como transición a las dos áreas de régimen de verano, variante VPOI (variante cordillera Ibérica) y VOPI (variante Pirineos) (Figura 1).

A modo de resumen, los resultados más notables del análisis de los regímenes dominantes son: su extraordinaria variabilidad espacial, la confirmación de los dos sectores de máximo veraniego, las transiciones coherentes entre regímenes, y la identificación del régimen otoñal de precipitación en grandes extensiones de la cuenca del Ebro, espacio tradicionalmente calificado de régimen primaveral sin duda por la presencia de máximos mensuales de mayo que no se corresponden finalmente con máximos estacionales (DE LUIS *et al.*, 2008)

3.2. Variaciones temporales de los regímenes estacionales

El estudio anual de los regímenes de precipitación permite observar que, de entre las diferentes variantes del régimen de invierno, las dominantes IOPV-IPOV han aparecido en prácticamente todo el territorio con excepción de dos núcleos en el Pirineo y la Ibérica, siendo más frecuente en el espacio la presencia de IPOV. Las dos variantes IOVP y IPVO son muy poco frecuentes (1-5% del total de años), pero han ocurrido en alguna ocasión también en gran parte del territorio. Con menor grado de aparición en el tiempo se han manifestado IVOP- IVPO a pesar de lo que han sido también observados en grandes áreas del territorio (Figura 2).

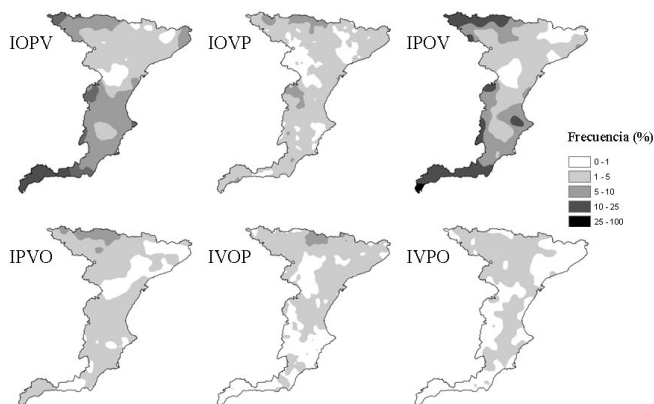


Fig. 2: Frecuencia de aparición en el territorio de los diferentes regímenes de INVIERNO

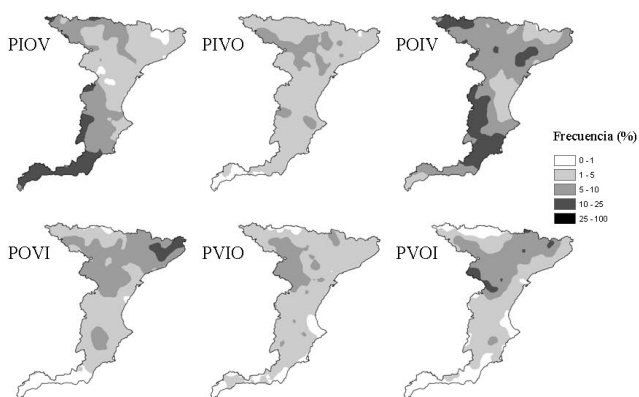


Fig. 3: Frecuencia de aparición en el territorio de los diferentes regímenes de PRIMAVERA

En general los regímenes de primavera presentan frecuencias de aparición inferiores a los valores máximos alcanzados en los tipos invernales. Las variantes de primavera más frecuentes son las dominantes POIV seguida de PIOV; ambos tipos se han producido en grandes

extensiones del área analizada durante el periodo 1951-2000 con frecuencias superiores al 10%. (Figura 3). PIVO-PVIO también están muy extendidos en el espacio aunque con frecuencias inferiores a las variantes previas. Por último las variantes PVOI-POVI están ausentes de la Cuenca 6 de Andalucía Oriental, pese a que localmente en sectores de la cordillera Ibérica logran unas frecuencias notables (especialmente PVOI).

Las seis variantes de verano faltan prácticamente del tercio sur del área analizada y del extremo NW (salvo VPIO). Los tipos VOPI y VPOI, dominantes en la Cordillera Ibérica y Pirineo Catalán respectivamente (véase Figura 1), son los más frecuentes y han podido ocurrir también en amplias extensiones de la mitad norte del área de estudio, cordillera Ibérica, Valle del Ebro, Prepirineo y Pirineo oriental (Figura 4). El resto de regimenes de verano han sido también observados en amplias áreas del territorio particularmente del interior aunque con muy baja frecuencia.

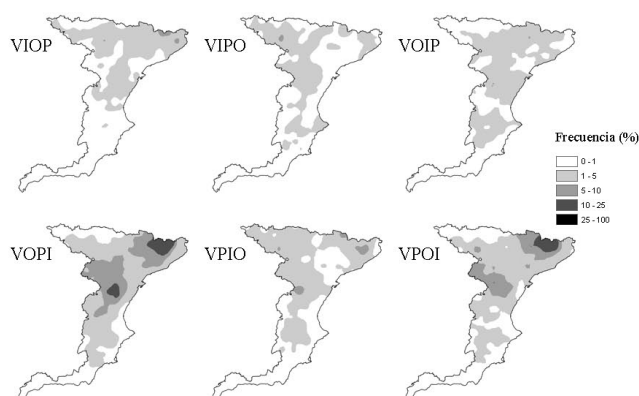


Fig. 4: Frecuencia de aparición en el territorio de los diferentes regimenes de VERANO

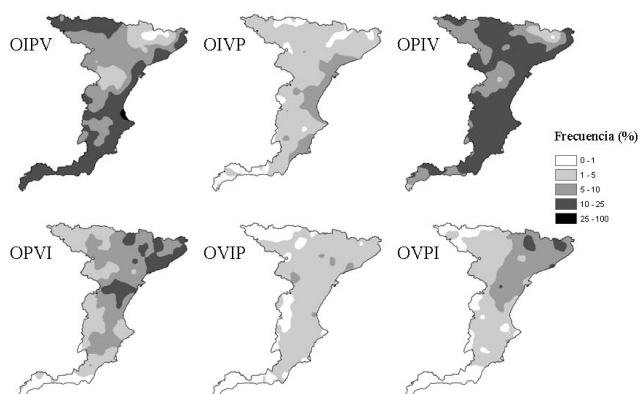


Fig. 5: Frecuencia de aparición en el territorio de los diferentes regimenes de OTOÑO

Los dos tipos de régimen otoñal más frecuentes son los dominantes OIPV-OPIV. La frecuencia de aparición de OPIV es claramente preferente en sectores de costa pero también aparece con elevada frecuencia en zonas del interior de la cuenca del Ebro (Figura 5). Por su parte OIPV se presenta como complementario del anterior y es muy frecuente, además de en una estrecha banda de la costa mediterránea, en el extremo NW de la cuenca del Ebro y al sur en la cuenca 6. Excepto el sector más meridional de la Cuenca 6 de Andalucía Oriental, las otras cuatro variantes de otoño han aparecido en la práctica totalidad del área de estudio, si bien con muy baja frecuencia y manifestando un gradiente que progresivamente decrece hacia el oeste. De las cuatro variantes menos frecuentes la más recurrente es OPVI.

El régimen de invierno en sus seis variantes (Figura 6a) logra una frecuencia de aparición superior incluso al 60% de los años en puntos de la cornisa cantábrica y con valores superiores al 80% aparece en el extremo sur (provincias de Málaga y Cádiz). Muy frecuente y dominante también, pero sin el dominio absoluto de las áreas anteriores, aparece en el cierre N-NW de la cuenca del Ebro, sectores interiores montañosos de Valencia, montañas del interior de Alicante-Murcia, centro-este de la cuenca Andaluza oriental, y entorno del golfo de Valencia, costa de Alicante, Murcia, costa centro-oriental de Almería (25-50% de años), lo que explica que en estos sectores su régimen promedio acabe siendo del tipo OI. En el resto del área de estudio el invierno ofrece probabilidades inferiores al 25%.

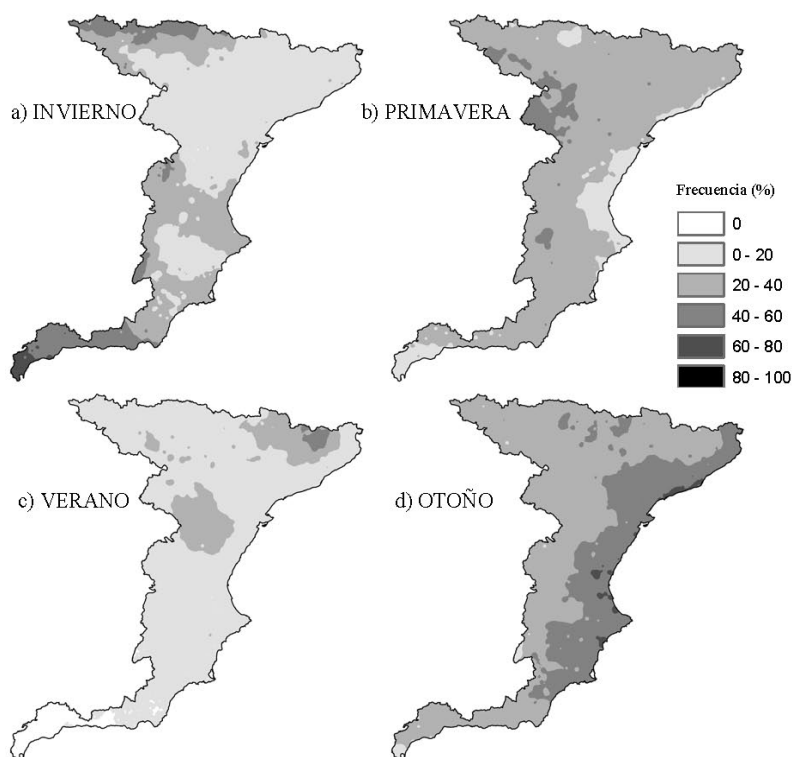


Fig. 6: Frecuencia de aparición de regimenes estacionales agrupados de acuerdo a la estación dominante. a) Invierno; b) Primavera; c) Verano d) Otoño.

La característica más destacable del régimen de primavera es que su máxima frecuencia de aparición no supera el 60% de años estudiados, si bien de nuevo todos los observatorios han experimentado en algún año un régimen de este tipo en cuatro variantes (Figura 6b). Los máximos valores se localizan en sectores de montaña e interior (NW de la Ibérica, interior de Valencia) con frecuencia de aparición del 40-60% de años. En el resto del territorio su presencia es sensiblemente menor, aunque ampliamente extendida (20- 40% de años), salvo sectores de costa en el extremo gaditano, golfo de Valencia y una delgada franja en el litoral catalán. Esta frecuencia tan baja explica que finalmente grandes extensiones del interior acaben teniendo como régimen dominante el otoñal, y quizá sugiera una mayor irregularidad desconocida de las precipitaciones de primavera respecto a otras estaciones.

El régimen de verano presenta como peculiaridad que no ha sido detectado en ningún año durante la segunda mitad del siglo XX en la mitad centro-occidental de la cuenca Andaluza (Figura 6c). Aunque como promedio aparece en los dos sectores ya descritos, ambos no parecen ser iguales de frecuentes, siendo más frecuente el del extremo oriental del Pirineo (40-60%), mientras que en el segundo sector (entorno de Teruel) su aparición baja a valores entre 20-40% de los años. Con los mismos valores aparecen también a lo largo del eje del Ebro pequeños sectores. Destaca también que el resto del área puede presentar como estación más lluviosa el verano, aunque sea con una frecuencia de aparición muy baja (inferior a 20%).

Por último, el régimen de otoño ha sido detectado en todos los observatorios al menos una vez durante la segunda mitad del siglo XX (Figura 6d). Con valores elevados (>60% de años), aparece desde el Norte Catalán hasta la frontera entre Almería y Murcia, detectándose núcleos con donde se alcanzan frecuencias de aparición incluso superiores al 60% de años. Iguaes valores elevados se localizan dentro de la cuenca del Ebro en su margen izquierda, en el entorno de las Sierras exteriores y valles Pirenaicos. En el resto del territorio su frecuencia de aparición se sitúa entre 20-40% de los años, y son muy escasos los observatorios que presentan valores inferiores.

En resumen, los 24 regímenes teóricos estacionales tienen cierta probabilidad de ocurrencia en extensas áreas del territorio analizado. Más aun, el estudio individualizado de cada observatorio permite observar que en el 28% de los años analizados (14 de 50) los 24 regímenes fueron observados en alguna parte del territorio y solamente en 2 años concretos (1984 y 1994) el número de regímenes fue menor de 12.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el presente hemos analizado las variaciones espaciales y temporales de los regímenes de precipitación de la vertiente mediterránea de la Península Ibérica donde hemos identificado una elevada variabilidad espacial que se resumen en lo siguiente: en la vertiente mediterránea peninsular se identifican 12 regímenes estacionales de precipitación sobre los 24 teóricos posibles. Si recordamos que 12 fueron los regímenes identificados por De Castro *et al.*, (2006) en toda la PI, los resultados mostrados en este trabajo remarcan una vez más el carácter extraordinariamente variable de las precipitaciones en el área de estudio.

La distribución espacial de dichos regímenes es clara, con áreas netamente definidas, coherentes, con transiciones lógicas entre sectores, y aporta una información novedosa de gran

detalle sobre el reparto estacional de las precipitaciones en la vertiente mediterránea española. Destacamos de modo particular que gran parte de la depresión del Ebro presenta un régimen estacional de precipitaciones de otoño.

Al analizar la frecuencia de aparición anua durante el periodo 1951-2000, los 12 regímenes dominantes muestran diferentes grados de aparición, pero además las restantes variantes sobre los 24 teóricamente posibles han ocurrido con cierta frecuencia en grandes extensiones del territorio.

La variabilidad espacial de los regímenes de precipitación, junto a las variaciones en el tiempo detectadas por su frecuencia de aparición son nuevos datos que pueden ayudar a desarrollar estrategias preventivas de los impactos que pudieran ser ocasionados por el calentamiento global sobre los ritmos de precipitación.

5. AGRADECIMIENTOS

Proyectos CGL2007-65315-CO3-01/CLI, CGL2005-04270. INM proporcionó los datos originales de la base MOPREDA_{MES}.

6. BIBLIOGRAFÍA

- CHRISTENSEN, J.H., B. HEWITSON, A. BUSUIOC, *et al.*, (2007) Regional Climate Projections. In: *Climate Change (2007) The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press.
- DE CASTRO, M, MARTÍN-VIDE, J y ALONSO, S. (2006) 1. El clima de España: pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI. En *Impactos del cambio climático en España*. Ministerio Medio Ambiente, Madrid, 64 pag.
- DE LUIS M, LONGARES LA y GONZÁLEZ-HIDALGO JC (2008) Las precipitaciones de la Comunidad Autónoma de la Rioja: la identificación de un ecotono pluvial. *Zubia* (en prensa).
- GONZÁLEZ-HIDALGO, J.C., DE LUIS ARRILLAGA, M., STEPANEK, P. y LANJERI S. (2006) Propuesta metodológica para realizar un control de calidad de precipitaciones mensuales en la vertiente mediterránea de la Península Ibérica. En *Clima Sociedad y Medio Ambiente* (J.M. Cuadrat, MA Saz, S Vicente, S Lanjeri, M de Luis y JC González Eds). Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, Serie A, nº 591-409.
- GONZÁLEZ-HIDALGO JC, LÓPEZ-BUSTINS JA, ŠTEPÁNEK P, MARTÍN-VIDE J, and De LUIS M. (2008) Monthly precipitation trends on the Mediterranean fringe of the Iberian Peninsula during the second half of the 20th century (1951-2000). (*International Journal of Climatology*, en prensa)
- LIONELLO P, BOSCOLO R and MALANOTTE-RIZZOLI P (2006) (eds) *Mediterranean Climate Variability*. Elsevier.
- RANDALL, D.A., R.A. WOOD, S. BONY, *et al.*, (2007) Climate Models and Their Evaluation. En *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on

Climate Change (S Solomon, D Quin, M Manning, Z Chen, M Marquis, KB Averyt, M Tignor, HL Miller, Eds). Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

SOLOMON S, QIN D, MANNING M, CHEN Z, MARQUIS M, AVERYT KB, TIGNOR M AND MILLER HL, (Eds) (2007) *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.